

# Studi Proses Ekstraksi Mineral Tembaga Menggunakan Gelombang Mikro Dengan Variasi Waktu Radiasi Dan Jenis Reduktor

I Putu Rian Utanaya Murta, Sungging Pintowantoro.

Jurusan Teknik Material dan Metallurgi, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

E-mail: sungging@mat-eng.its.ac.id

**Abstrak**—Sebuah material tembaga yang berjenis *chalcopyrite* dengan metode ekstraksi telah selesai dilakukan. Bahan dasar A yang digunakan adalah *chalcopyrite* ( $\text{CuFeS}_2$ ), silika ( $\text{SiO}_2$ ) serta arang dan briket kokas sebagai reduktor yang disinari gelombang mikro dengan variasi waktu radiasi 40 menit, 50 menit dan 60 menit. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui mekanisme proses ekstraksi mineral tembaga dengan penggunaan gelombang mikro dan untuk mengetahui waktu radiasi dan jenis reduktor yang optimal terhadap peningkatan kandungan tembaga. Studi dilakukan dengan pengujian XRF, SEM, serta XRD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kandungan Cu yang optimal didapat pada waktu radiasi selama 60 menit dengan menggunakan reduktor arang. Secara umum, semakin lama waktu radiasi dan semakin rendah nilai kalori dari reduktor maka % Wt Cu yang didapat semakin tinggi dengan nilai maksimum 3,53 Cal/gr. Hasil analisis XRD menunjukkan pada semua variasi waktu radiasi senyawa yang terbentuk adalah Cu dan  $\text{Cu}_2\text{S}$  yang menandakan bahwa proses ekstraksi berjalan belum begitu sempurna..

**Kata Kunci**—*chalcopyrite*, ekstraksi, reduktor, gelombang mikro.

## I. PENDAHULUAN

INDONESIA merupakan salah satu negara di dunia yang memiliki berbagai jenis barang tambang dan tembaga merupakan salah satu diantaranya. Namun dalam pengelolaan dan pengolahannya masih belum optimal dikarenakan kapasitas pabrik peleburan konsentrat tembaga di Indonesia masih terbatas, yaitu hanya menampung sekitar 30% dari total produk konsentrat [1]. Maka diperlukan adanya suatu upaya peningkatan kapasitas peleburan dalam negeri yang akan memberi nilai tambah yang lebih besar bagi perkembangan industri dan penyediaan lapangan kerja.

Sesuai dengan Permen ESDM Nomor 7 Tahun 2012 tanggal 6 Februari 2012 Tentang Peningkatan Nilai Tambang Mineral Melalui Pengolahan dan Pemurnian Mineral, pelaksana kegiatan usaha pertambangan diharuskan mengolah dan memurnikan mineral dan batu bara di dalam negeri [2]. Tentu ini tidak mudah mengingat modal yang digunakan dalam rangkaian proses ini sangat besar sehingga akan menghambat kinerja sektor pertambangan nasional, terutama perusahaan pertambangan rakyat [3]. Tembaga banyak digunakan untuk industri kimia sebagai bahan celup dan rayon, Alat – alat rumah tangga, alat-alat otomotif, dekorasi atau perhiasan dan sebagainya [4]. Pengolahan tembaga yang telah dilakukan biasanya menggunakan proses *hidrometalurgi*

(proses ekstraksi yang dilakukan pada temperatur yang relatif rendah dengan cara pelindian media cairan) dan proses *pirometalurgi* (proses ekstraksi yang dilakukan pada temperatur tinggi). Kedua proses tersebut memiliki beberapa kelemahan. Proses *hidrometalurgi* hanya digunakan untuk material tertentu dan waktu yang digunakan untuk pengekstraksian relatif lama. Begitu juga dengan proses *pirometalurgi* bahan bakar yang digunakan sangat banyak sehingga biaya operasional menjadi besar. Selain itu, kerugian yang terbesar dari proses ini adalah dihasilkannya gas  $\text{SO}_2$  (*Sulfur Dioksida*) yang sangat berbahaya sehingga dapat merusak lingkungan [5].

Oleh karena itu perlu adanya suatu alternatif proses yang lebih efisien dan ramah terhadap lingkungan. Maka dari itu dalam penelitian ini dilakukan proses ekstraksi mineral tembaga yang berjenis *chalcopyrite* [4] dengan menggunakan gelombang mikro [6]. Dimana dengan metode ini panas dibangkitkan secara internal akibat getaran molekul-molekul target oleh gelombang mikro yang dikarenakan karakter gelombang mikro yang dapat menembus molekul target, maka pemanasan dengan gelombang mikro berlangsung secara simultan [7,5].

## II. METODE

Langkah awal dalam penelitian ini yaitu melakukan penggerusan dan pengayakan untuk setiap bahan-bahan dasar (*chalcopyrite*, silika, arang dan briket kokas) hingga berukuran 100 mesh [8]. *Chalcopyrite* diuji XRF terlebih dahulu untuk menganalisis kandungan unsur dalam mineral tembaga mula-mula. Selanjutnya dilakukan proses *roasting* untuk *chalcopyrite* dengan menggunakan furnace. Setelah proses *roasting* selesai dilakukan dilakukan uji XRF kembali untuk menganalisis kandungan unsur dalam mineral tembaga setelah proses *roasting*. Langkah berikutnya yaitu menyiapkan bahan-bahan dasar mengikuti perbandingan massa dan molar masing-masing (*chalcopyrite*, silika, arang dan briket kokas) dengan menentukan massa [6] dari *limiting reaktan* yaitu *chalcopyrite* dibuat sebesar 20 gram. Kemudian ditambahkan dengan silika sebesar 3,3 gram dan reduktor sebesar 6 gram. Bahan-bahan tersebut dicampurkan menggunakan toples selama 10 menit. Setelah pencampuran, sampel dimasukkan dalam plastik flip untuk diberikan kode. Selanjutnya sampel yang sudah diberi kode dimasukkan ke dalam *crucible* dan diletakkan di dalam microwave untuk dilakukan proses ekstraksi menggunakan

daya sebesar 3000 watt dengan variasi waktu radiasi selama 40 menit, 50 menit, 60 menit dan penambahan variasi jenis reduktor yaitu arang dan briket kokas. Setelah berlangsungnya proses ekstraksi dilakukan pembuangan *slag* hasil dari penyinaran dengan menggunakan gelombang mikro. Setelah didapat 6 sampel dari jenis reduktor dan lama waktu radiasi, sampel tersebut dilakukan 3 macam pengujian untuk mendapatkan hasil penelitian. Uji XRF dilakukan untuk mendapatkan data kuantitatif berupa % Wt Cu yang terkandung. Uji XRD dilakukan untuk mendapatkan data kualitatif berupa senyawa yang terbentuk dalam sampel. Uji SEM-EDAX dilakukan untuk mengetahui morfologi dari hasil penelitian beserta unsur yang terkandung dalam morfologi yang nampak.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum percobaan ini dilakukan, mineral tembaga tersebut diuji XRF terlebih dahulu untuk mengetahui persentase unsur yang terkandung di dalamnya.

Hasil uji XRF terhadap *Chalcopyrite* yang belum mengalami perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Persen Wt Unsur Mula-Mula

Komposisi	Si	S	K	Ca	Cr	Cu	Mn	Fe	Zn	Mo	La
% Wt	8.5	30.4	0.8	0.4	0.88	11.32	2.79	29.5	6.01	6.2	4.1

Pada penelitian ini jenis reduktor yang digunakan merupakan arang tempurung kelapa dan briket kokas yang digerus hingga berukuran 100 mesh. Sebelum percobaan dilakukan briket kokas dan arang diuji kalorimeter terlebih dahulu untuk mengetahui nilai kalori yang terkandung. Pada tabel 2 dapat dilihat nilai kalori dari arang dan briket kokas berdasarkan hasil uji kalorimeter.

Tabel 2. Hasil Uji Kalorimeter

No	Reduktor	Nilai Kalori ( Cal/gr)
1	Arang	6536
2	Briket kokas	7667

Proses awal dari proses ekstraksi *chalcopyrite* yaitu dengan melakukan proses *roasting* yang bertujuan untuk mengubah pengotor senyawa sulfida menjadi oksida. Pada proses *roasting* besi sulfida berubah menjadi besi oksida sedangkan tembaga tetap sulfida. Diubahnya besi sulfida menjadi besi oksida adalah agar pada proses selanjutnya yaitu *smelting* atau peleburan, tembaga sulfida akan mencair meninggalkan besi oksida yang bertitik cair lebih tinggi dan akan ditinggalkan sebagai terak pengotor, sedangkan tembaga yang telah mencair akan turun. Pada Tabel 3 dijelaskan persentase kandungan unsur dari *chalcopyrite* setelah mengalami proses *roasting*.

Tabel3. Persen Wt Unsur Setelah Proses Roasting

Komposisi	Si	S	K	Ca	Cr	Cu	Mn	Fe	Zn	Mo	La
% Wt	10.9	19.3	0.7	4.48	0.2	15.9	0.04	32.4	4.97	3.06	0.08

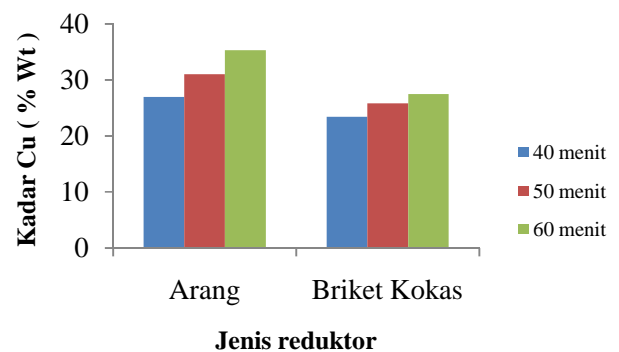
#### A. Pengaruh Waktu Radiasi Terhadap Peningkatan kandungan Cu

Hasil Uji XRF pada proses ekstraksi kalkopirit dengan berbagai waktu radiasi dan jenis konduktor yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Hasil uji XRF Pada Ekstraksi *Chalcopyrite* dengan Variasi Waktu Radiasi

Jenis Reduktor	Kandungan Unsur Cu (% Wt)		
	40 menit	50 menit	60 menit
Arang	27%	31%	35.3%
Briket Kokas	23.4%	25.8%	27.5%

Dari data pengujian XRF dapat diketahui bahwa kandungan Cu meningkat pada setiap penambahan semua jenis reduktor. Peningkatan persentase Cu yang didapat bergantung dari jenis reduktor dan waktu radiasi yang ditambahkan. Untuk mengetahui peningkatan persentase Cu yang terjadi dari waktu radiasi yang berbeda dapat dijelaskan dengan gambar1 berikut :



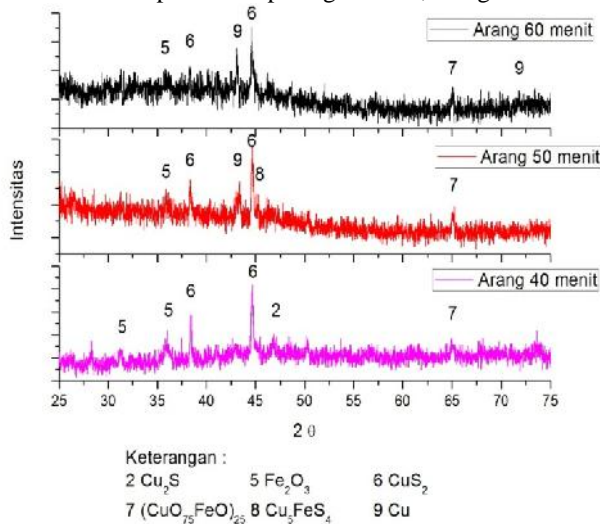
Gambar 1. Pengaruh Waktu Radiasi Terhadap Peningkatan Kandungan Cu

Berdasarkan hasil uji XRF dapat diketahui bahwa waktu radiasi yang makin lama mengakibatkan terjadinya kenaikan % Wt Cu. Peningkatan % Wt Cu tertinggi didapat dengan menggunakan reduktor arang dengan waktu radiasi 60 menit., dimana Cu yang mempunyai kandungan awal 15,9% berubah menjadi 35,2% sehingga dapat dikatakan terjadi kenaikan kandungan Cu sebesar 121,38%. Pada waktu radiasi selama 50 menit dengan menggunakan reduktor arang kandungan Cu berubah menjadi 31% dari keadaan awal 11,32% sehingga kandungan Cu meningkat sebesar 173,85%. Begitu juga dengan waktu radiasi selama 40 menit dengan reduktor yang sama terjadi peningkatan kandungan Cu sebesar 138,5%, dimana kandungan Cu yang mula-mula sebesar 11,32% menjadi 27%.

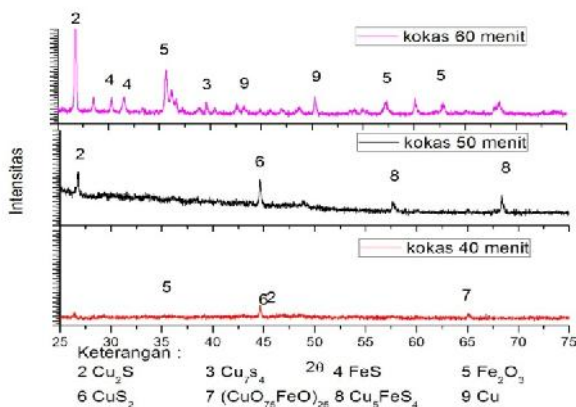
Pada sampel berikutnya dimana menggunakan reduktor briket kokas didapat data kenaikan kandungan Cu tertinggi dengan waktu radiasi 60 menit dimana Cu yang mempunyai

kandungan awal 11,32% berubah menjadi 27,5% sehingga dapat dikatakan terjadi kenaikan kandungan Cu sebesar 142,93%. Hal ini merupakan peningkatan yang besar dan cukup efektif. Pada waktu radiasi selama 50 menit dengan menggunakan reduktor briket kokas kandungan Cu berubah menjadi 25,8% dari keadaan awal 11,32% sehingga kandungan Cu meningkat sebesar 127,9%. Begitu pula dengan waktu radiasi selama 40 menit dengan reduktor yang sama terjadi peningkatan kandungan Cu sebesar 138,5%, dimana kandungan Cu berubah menjadi 23,4% dari keadaan awal sebesar 11,32%. Sehingga dapat disimpulkan dengan **penambahan waktu radiasi mengakibatkan kenaikan kandungan Cu setelah diekstraksi menggunakan gelombang mikro yang dapat dilihat pada Gambar 4.2**

Dari hasil uji XRF tersebut juga dikombinasikan dengan hasil uji XRD untuk mengetahui persebaran fasa yang terbentuk dari hasil ekstraksi. Grafik hasil uji XRD akibat pengaruh waktu radiasi terhadap fasa yang terbentuk setelah proses ekstraksi dapat dilihat pada gambar 2, dan gambar 3



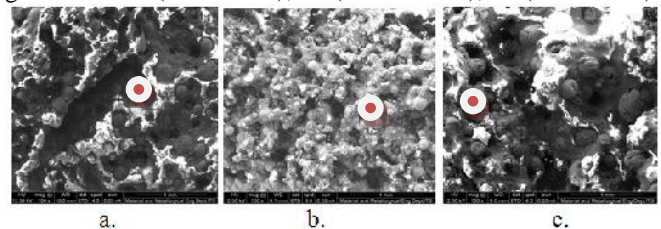
Gambar 2. Hasil Uji XRD Menggunakan Reduktor Arang dengan Variasi Waktu Radiasi



Gambar 3. Hasil Uji XRD Menggunakan Reduktor Briket Kokas dengan Variasi Waktu Radiasi

Dari pengujian XRD diketahui bahwa penambahan waktu radiasi menyebabkan terjadinya perubahan fasa. Semakin lama waktu radiasi, kandungan Cu yang dihasilkan dari hasil ekstraksi *chalcopyrite* semakin banyak. Ini terlihat dari *peak* Cu yang terbentuk akan semakin tinggi. Fasa yang dihasilkan dari ekstraksi *chalcopyrite* pada percobaan ini kebanyakan berupa Cu dan *copper sulfide* atau  $\text{CuS}_2$ . Ini dapat diketahui dari intensitas puncak Cu dan persenyawaan dengan Cu seperti *copper sulfide* yang menunjukkan *peak* tinggi. Pada hasil ekstraksi dengan menambahkan reduktor briket kokas, diketahui bahwa titik optimumnya berada pada waktu radiasi 60 menit dimana *peak* Cu tertinggi dibandingkan dengan waktu radiasi yang lainnya. Namun pada waktu radiasi selama 60 menit dengan menggunakan reduktor briket kokas ini masih banyak mengandung  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Dari hasil uji XRD juga dilakukan pengujian Scanning Electron Microscope (SEM). Hal ini dilakukan untuk mengetahui morfologi dari permukaan serta komposisi unsur pada daerah tertentu pada sampel yang diteliti. Hasil uji SEM dari proses ekstraksi *chalcopyrite* menggunakan reduktor arang dengan variasi waktu yang berbeda dapat dilihat pada gambar 4. a (40 menit), b (50 menit), c (60 menit).



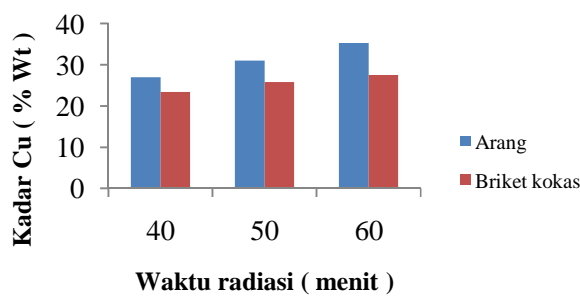
Gambar 4. Hasil Uji SEM Menggunakan Reduktor Arang dengan Variasi Waktu Radiasi.

Dari hasil uji SEM EDX hasil ekstraksi *chalcopyrite* dengan reduktor arang dengan variasi waktu radiasi maka menghasilkan kandungan Cu yang berbeda-beda dari setiap area. Pada gambar 4.(a) pada area yang diberi titik merah terlihat agak halus dan banyak terdiri dari lembah-lembah yang membuktikan permukaannya tidak begitu rata. Pada gambar 4.(b) pada daerah yang sudah ditandai juga terlihat halus dengan kandungan Cu yang meningkat. Pada gambar 4.(c) daerah yang ditandai semakin halus dan permukaan yang terlihat hampir rata. Ini juga berlaku untuk Hasil Uji SEM dengan reduktor briket kokas. Dengan begitu, morfologi sampel akan semakin halus juga kandungan Cu yang terkandung semakin tinggi.

#### B. Pengaruh Jenis Reduktor Terhadap Peningkatan Kandungan Cu

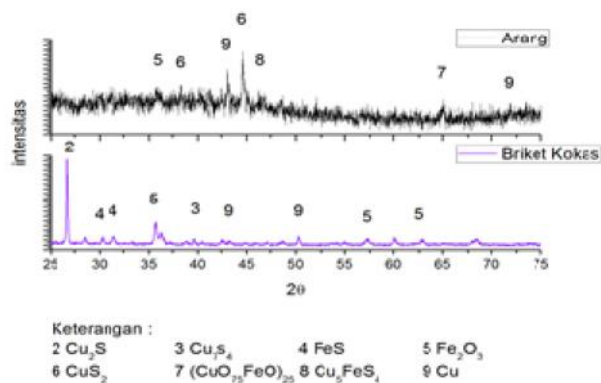
Hasil Uji XRF pada ekstraksi *chalcopyrite* dengan variasi jenis reduktor dan waktu radiasi dapat dilihat pada tabel 4.2. Perbedaan jenis reduktor diidentifikasi dari nilai kalorinya. Nilai kalori tertinggi terdapat pada briket kokas dengan nilai kalori 7667 Cal/gr sedangkan untuk arang mempunyai nilai kalori 6536 Cal/gr. Untuk mengetahui peningkatan kandungan Cu yang terjadi dari jenis reduktor yang berbeda dapat dijelaskan pada gambar 5 berikut





Gambar 5. Pengaruh Jenis Reduktor Terhadap Peningkatan Kandungan Cu

Dari Gambar 5 dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi nilai kalori maka kandungan Cu yang dihasilkan semakin menurun. Nilai kalori suatu reduktor menentukan panas yang dihasilkannya. Pemanasan berjalan lebih cepat jika nilai kalorinya semakin tinggi, dimana ini berarti panas yang dihasilkan semakin besar. Pemanasan yang lebih cepat saat terjadinya proses ekstraksi menyebabkan slag mudah terbentuk dan membeku. Kontak antara oksigen dengan logam cair (*matte*) menjadi terhambat karena pembekuan slag yang terjadi pada permukaan. Hal ini mengakibatkan proses ekstraksi tidak berjalan dengan maksimal dan kandungan Cu yang dihasilkan lebih sedikit. Hasil uji XRD dari proses ekstraksi *chalcopyrite* dengan berbagai jenis reduktor pada waktu radiasi 60 menit dapat dilihat pada Gambar 6.

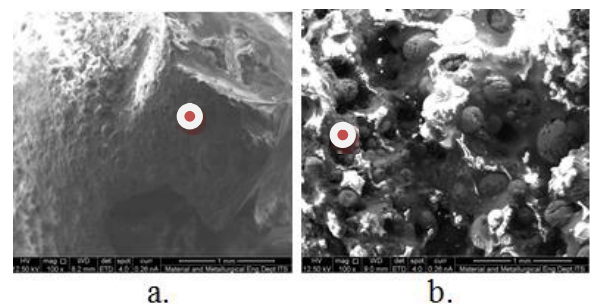


Gambar 6. Hasil Uji XRD Pada Waktu Radiasi 60 Menit dengan Variasi Jenis Reduktor

Dari data pengujian XRD dengan waktu radiasi 60 menit menggunakan reduktor arang dan briket kokas dapat diketahui bahwa *peak* Cu yang terbentuk didapatkan dengan menggunakan semua jenis konduktor. Namun Cu dengan *peak* tertinggi didapat dengan menggunakan reduktor arang. Cu yang terbentuk menggunakan reduktor arang kebanyakan bersenyawa dengan S yang membentuk  $\text{CuS}_2$ . Ini membuktikan bahwa oksigen yang terkandung dalam *chumber* tempat berlangsungnya proses ekstraksi kurang. Sehingga Cu yang terbentuk tidak dalam kondisi murni. Dengan menggunakan reduktor arang dalam waktu radiasi 60 menit

juga ditemukan senyawa  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dalam hasil XRD dikarenakan sulitnya memisahkan antara *slag* dengan logam cair

Pada waktu radiasi selama 60 menit menggunakan reduktor briket kokas *peak* Cu yang terbentuk tidak begitu terlihat. Namun, *peak* Cu yang ditemukan bersenyawa dengan unsur lain membentuk  $\text{Cu}_2\text{S}$ . Ini membuktikan interaksi antara oksigen dengan *matte* terhambat yang dikarenakan *slag* yang cepat membeku pada bagian permukaan. Ini juga terjadi karena nilai kalori briket kokas yang lebih tinggi dari arang menyebabkan pemanasan yang berjalan lebih cepat. Pemanasan berjalan lebih cepat jika nilai kalorinya semakin tinggi, dimana ini berarti panas yang dihasilkan semakin besar. Pemanasan yang lebih cepat saat terjadinya proses ekstraksi menyebabkan *slag* mudah terbentuk dan membeku. Kontak antara oksigen dengan logam cair (*matte*) menjadi terhambat karena pembekuan slag yang terjadi pada permukaan. Hal ini dikarenakan unsur yang terkandung dalam setiap jenis reduktor berbeda-beda. Semakin reaktif reduktor terhadap gelombang mikro maka panas yang dihasilkan juga semakin cepat. Dari hasil uji XRD juga dilakukan pengujian Scanning Electron Microscope (SEM). Hal ini dilakukan untuk mengetahui morfologi dari permukaan serta komposisi unsur pada daerah tertentu pada sampel yang diteliti. Hasil uji SEM dari proses ekstraksi *chalcopyrite* menggunakan berbagai jenis reduktor dengan waktu 60 menit dapat dilihat pada gambar 7.a (briket kokas) dan gambar 7.b (arang)



Gambar 7. Hasil Uji SEM dengan Waktu Radiasi 60 Menit dengan Variasi Jenis Reduktor

Dari hasil uji SEM EDX hasil ekstraksi *chalcopyrite* dengan waktu radiasi 60 menit dengan variasi jenis reduktor menghasilkan kandungan Cu yang berbeda-beda dari setiap area. Pada gambar 3.12.(a) pada area yang diberi titik merah terlihat halus dengan permukaan yang sangat rata. Pada gambar 3.12.(b) pada daerah yang sudah ditandai juga terlihat halus dengan kandungan Cu yang menurun. Dengan begitu, morfologi sampel akan semakin halus juga kandungan Cu yang terkandung semakin tinggi.

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa ekstraksi *chalcopyrite* dapat dilakukan dengan memanfaatkan gelombang mikro dengan senyawa yang terbentuk dari hasil ekstraksi *chalcopyrite* adalah senyawa Cu dan  $\text{CuS}_2$ . Waktu radiasi sangat berpengaruh terhadap peningkatan % berat Cu. Semakin lama waktu radiasi % berat Cu yang dihasilkan juga semakin tinggi. Kadar Cu tertinggi didapat dengan waktu

radiasi selama 60 menit dengan kandungan Cu sebesar 35.3% dan jenis reduktor yang memberikan hasil optimal didapat pada arang.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Sungging Pintowantoro, S.T., M.T.,Ph.D.yang senantiasa memberikan arahan, motivasi, ilmu serta bimbingannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS Jakarta. (2009).14 Mei.
- [2] Kementrian ESDM. (2012).6 Februari
- [3] Kompas (Jakarta). (2012).8 Maret.
- [4] Amanto, H., Daryanto. "Ilmu Bahan". Jakarta: PT. Bina Aksara.
- [5] Haque, Kazi E. "Microwave Energy For Mineral Treatment Processes – A Brief Review", CANMET, 555 Booth Street, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0G1, *International Journal Of Mineral Processing*, 57 (1999), 1-24.
- [6] Davenport W.G, dkk. "Extractive Metallurgical Of Copper". Oxford: Pergamon (2002).
- [7] Chunpeng, L., Yousheng, X., dan Yixin, H. "Application Of Microwave Radiation To Extractive Metallurgy", Vol.6. Chin. J. Met. Sci. Technology (1990).
- [8] Harahsheh, M. A, dkk. "The Influence Of Microwaves On The Leaching Kinetics Of Chalcopyrite". *Minerals Engineering* 18 (2005) 1259 – 1268.